

Ваганов А.Г.¹, Кузнецов М.Р.², Лисицкий Д.А.¹

ГИБРИДНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ АРТЕРИЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ КАК «ОПЕРАЦИЯ ВЫБОРА» ПРИ МНОГОУРОВНЕВОМ АТЕРОСКЛЕРОЗЕ

¹ГБУЗ «Городская клиническая больница № 29 им. Н.Э. Баумана Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Институт кластерной онкологии им. Л.Л. Левшина, Москва, Россия

Цель исследования — определение показаний к гибридным операциям на артериях нижних конечностей с помощью шкал оценки риска полиорганной недостаточности APACHE II и SAPS II. **Материал и методы.** В исследовании приняли участие 36 пациентов, все участники исследования были разделены на две группы: 1-я группа ($n = 18$) — пациенты, у которых имелся низкий риск развития полиорганной недостаточности (APACHE II — от 0 до 15 баллов, SAPS II — от 0 до 7 баллов) и сопряженной с ней летальности (APACHE II — 10,8%, SAPS II — 11–12%). 2-я группа ($n = 18$) — пациенты у которых имелся средний риск развития полиорганной недостаточности (APACHE II — от 15 до 29 баллов, SAPS II — от 7 до 15 баллов) и, сопряженной с ней, летальности (APACHE II — 21,3%, SAPS II — 22–34%). В данных группах было выделено 2 подгруппы: подгруппа А — пациенты, перенесшие гибридные вмешательства, подгруппа Б — пациенты, перенесшие многоэтажные реконструкции. По возрастному, половому составу и спектру сопутствующей патологии группы были однородны. Срок наблюдения за пациентами составил 30 сут. **Результаты.** Длительность операции в группах исследования не зависела от варианта ее проведения, а также от исходной тяжести оперируемых пациентов. В группе с низкой степенью риска развития полиорганной недостаточности и летального исхода, в подгруппе с более травматичной многоуровневой артериальной реконструкцией осложнений выявлено не было, в то время как после гибридных вмешательств зафиксирован один случай послеоперационного тромбоза. В подгруппе 1Б отмечались также достоверно лучшие показатели реваскуляризации конечности ($p < 0,05$). У пациентов 2Б подгруппы, набравших среднее количество баллов по интегральным шкалам риска полиорганной недостаточности, отмечено достоверно большее количество тромботических осложнений вне зависимости от пораженного сегмента. Важно отметить, что во второй группе показатели реваскуляризации конечности были сопоставимы между подгруппами А и Б. За 30-дневный срок наблюдения от момента выписки: в первой группе рестенозов, повторных госпитализаций и операций, включая ампутации, не выявлено. Во второй группе количество тромботических осложнений, реокклюзий после выписки, а также связанных с ними экстренных сосудистых ревизий было достоверно выше в подгруппе Б ($p < 0,05$). Через 15 мин. после забора крови и добавления гепарина в препарат площадь сладжированных эритроцитов была достоверно выше у пациентов 2-й группы ($5,45 \pm 0,22$ мкм²) по сравнению с 1-й группой ($2,13 \pm 0,16$ мкм²; $p < 0,05$). Необходимо отметить сильную прямую корреляционную связь между амплитудой люминисценции на частоте 450 нм и площадью сформированных в мазке «монетных» столбиков эритроцитов ($r = 0,86$; при $p < 0,05$). **Заключение.** По результатам исследования выявлена прямая связь между степенью риска развития полиорганной недостаточности и летальности, оцененной по шкалам APACHE II и SAPS II и результатами гибридных и многоуровневых сосудистых реконструкций на артериях нижних конечностей. Оценка местной гемореологии при помощи люминисцентной спектроскопии является важным методом в прогнозировании результатов сосудистой реконструкции на артериях нижних конечностей.

Ключевые слова: гибридные реконструкции, полиорганная недостаточность, микроциркуляторное русло, критическая ишемия нижних конечностей; многоуровневый атеросклероз артерий; показания к сосудистой реконструкции

Для цитирования: Ваганов А.Г., Кузнецов М.Р., Лисицкий Д.А. Гибридная реконструкция артерий нижних конечностей как «операция выбора» при многоуровневом атеросклерозе. *Клиническая медицина*. 2025;103(5):392–398.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2025-103-5-392-398>

Для корреспонденции: Ваганов Алексей Геннадьевич — e-mail: aleksejvaganov4@gmail.com

Alexey G. Vaganov¹, Maxim R. Kuznetsov², Dmitry A. Lisitsky¹

HYBRID RECONSTRUCTION OF THE ARTERIES OF THE LOWER EXTREMITIES AS A "SURGERY OF CHOICE" FOR MULTILEVEL ATHEROSCLEROSIS

¹City Clinical Hospital No. 29 named after N.E. Bauman of the Moscow Department of Health, Moscow, Russia

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russia (Sechenov University), Levshin Institute of Cluster Oncology, Moscow, Russia

The aim of the study was to determine the indications for hybrid operations on the arteries of the lower extremities using the APACHE II and SAPS II multiorgan insufficiency risk assessment scales. **Material and methods.** 36 patients participated in the study, all study participants were divided into two groups: group 1 ($n = 18$) — patients who had a low risk of developing multiple organ failure (APACHE II from 0 to 15 points, SAPS II — from 0 to 7 points) and associated mortality (APACHE II — 10.8%, SAPS II — 11–12%). Study group 2 ($n = 18$) — patients who had an average risk of developing multiple organ failure (APACHE II — from 15 to 29 points, SAPS II — from 7 to 15 points) and associated mortality (APACHE II — 21.3%, SAPS II — 22–34%). There were 2 subgroups in these groups: subgroup A — patients who underwent hybrid interventions, subgroup B — patients who underwent multi-storey reconstructions. The groups were homogeneous in terms of age, gender, and the spectrum of concomitant pathology. The follow-up period for patients was 30 days. **Results.** The duration of the operation in the study groups did not depend on the option of its implementation, as well as on the initial severity of the operated patients. In the study group with a low risk of developing multiple organ failure and death, no complications were detected in the subgroup with more traumatic multilevel arterial reconstruction, while after hybrid interventions, one case of postoperative thrombosis was recorded. In subgroup 1B, there were also significantly better indicators of limb revascularization ($p < 0.05$).

*In patients of subgroup 2B of the study, who scored an average number of points on the integral risk scales of multiple organ failure, a significantly higher number of thrombotic complications was noted, regardless of the affected segment. It is important to note that in the second group of the study, the indicators of limb revascularization were comparable between subgroups A and B. During the 30-day follow-up period from the moment of discharge: in the first group of the study, restenoses, repeated hospitalizations and operations, including amputations, were not detected. In the second group of the study, the number of thrombotic complications, post-discharge reocclusions, as well as related emergency vascular revisions was significantly higher in subgroup B ($p < 0.05$). 15 minutes after blood collection and addition of heparin to the drug, the area of deposited erythrocytes was significantly higher in patients of group 2 ($5.45 \pm 0.22 \text{ mm}^2$) compared with the 1st group of the study ($2.13 \pm 0.16 \text{ mm}^2$; $p < 0.05$). It is necessary to note a strong direct correlation between the luminescence amplitude at a frequency of 450 nm and the area of the "coin" columns of erythrocytes formed in the smear ($r = 0.86$; at $p < 0.05$). **Conclusion.** According to the results of the study, a direct relationship was revealed between the degree of risk of developing multiple organ failure and mortality, assessed on the APACHE II and SAPS II scales, and the results of hybrid and multilevel vascular reconstructions on the arteries of the lower extremities. Assessment of local hemorheology using luminescent spectroscopy is an important method in predicting the results of vascular reconstruction on the arteries of the lower extremities.*

Key words: hybrid reconstructions, multiple organ failure, microcirculatory bed, critical ischemia of the lower extremities, multilevel atherosclerosis of the arteries, indications for vascular reconstruction

For citation: Vaganov A.G., Kuznetsov M.R., Lisitskiy D.A. Hybrid reconstruction of the arteries of the lower extremities as a "surgery of choice" for multilevel atherosclerosis. *Klinicheskaya meditsina*. 2025;103(5):392–398.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2025-103-5-392-398>

For correspondence: Alexey G. Vaganov — e-mail: aleksejvaganov4@gmail.com

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received 10.06.2024

Accepted 18.06.2024

В хирургическом лечении пациентов с критической ишемией нижних конечностей твердые позиции заняла гибридная хирургия, смысл которой — сочетание в процессе одной операции открытых и эндоваскулярных техник [1, 2]. В отличие от изолированных чрескожных внутрисосудистых вмешательств, данная операция позволяет выполнить реваскуляризацию в местах бифуркации сосудов, естественных анатомических сгибов, а также при протяженных стенокклюзивных поражениях [3]. Также, в отличие от многоуровневых открытых реконструкций, гибридные методики снижают травматичность вмешательства, делают его выполнимым в условиях местной анестезии [4]. Таким образом, гибридные технологии незаменимы у пациентов с выраженной коморбидной патологией [5]. Однако важнейшим фактором эффективности данных вмешательств является строгий отбор пула больных, у которых гибридные технологии будут являться «золотым стандартом». В настоящее время четких показаний для выполнения именно гибридных операций не разработано, клинические варианты, при которых они будут наиболее эффективными, не определены [6]. На наш взгляд, ключевым моментом в решении этой глобальной задачи является объективная оценка тяжести состояния пациента перед планируемым сосудистым вмешательством. Клиническая оценка настоящего статуса пациента является первым этапом, позволяющим спрогнозировать возможные варианты оперативного лечения. Данный этап, несмотря на всю его важность, является во многом субъективным, определяемым квалификацией специалиста, в связи с чем сопряжен с высоким риском ошибок. В настоящее время, с целью оценки риска развития синдрома полиорганной недостаточности (СПОН) и возможности летального исхода после экстренных и срочных оперативных вмешательств, используют оценочные шкалы APACHE II

и SAPS II [7, 8]. Данные методики включают в себя оценку от 3 до 7 жизненно важных систем организма, функциональные показатели работы которых отражаются в балльной системе. Исходя из совокупности баллов определяются риски развития СПОН и летальность. Данные шкалы созданы на основе оценки результатов многолетних многоцентровых исследований в хирургии и реаниматологии [9]. Кроме объективной оценки состояния организма в целом, на наш взгляд, важна оценка местной гемореологии на микроциркуляторном уровне оперируемой конечности, которая во многом отражает системные процессы, происходящие в организме. Важную роль в оценке изменений воспринимающего сосудистого русла может сыграть люминисцентная спектроскопия. Так, в литературе имеются данные о том, что конечные продукты гликирования, участвующие в активации окислительного стресса как важного механизма СПОН, могут быть неинвазивно измерены в тканях при помощи люминисценции ультрафиолетового света [10]. Таким образом, комплексная оценка физиологических параметров человеческого гомеостаза на местном и системном уровне позволит выбрать адекватный объем операции с позиции ее достаточной инвазивности и максимального выполнения задач по восстановлению кровоснабжения в пораженной конечности.

Цель исследования: определение показаний к гибридным операциям на артериях нижних конечностей с помощью шкал оценки риска полиорганной недостаточности APACHE II и SAPS II.

Материал и методы

В исследовании приняло участие 36 пациентов, оперированных по поводу критической ишемии артерий нижних конечностей, обусловленной многоуровневым атеросклеротическим поражением.

Все участники исследования были разделены на две группы: 1-я группа ($n = 18$) — пациенты, у которых имелся низкий риск развития СПОН (APACHE II — от 0 до 15 баллов, SAPS II — от 0 до 7 баллов) и сопряженной с ней летальности (APACHE II — 10,8%, SAPS II — 11–12%). 2-я группа ($n = 18$) — пациенты у которых имелся средний риск развития СПОН (APACHE II — от 15 до 29 баллов, SAPS II — от 7 до 15 баллов) и сопряженной с ней летальности (APACHE II — 21,3%, SAPS II — 22–34%). В данных группах было выделено 2 подгруппы: подгруппа А — пациенты, перенесшие гибридные вмешательства, подгруппа Б — пациенты, перенесшие многоэтажные реконструкции. Респонденты с высокими рисками СПОН и летальности в исследовании не включались, поскольку тяжесть их состояния нуждалась в реанимационной коррекции. При стабилизации состояния оценка по шкалам стратификации рисков СПОН обновлялась, и пациенты могли быть включены в одну из описанных групп исследования.

Средний возраст больных составил $68,4 \pm 2,2$ года. По возрастному и половому составу группы были однородны, в обеих из них преобладали мужчины (1-я группа — 88,8%, 2-я группа — 83,3%). Спектр сопутствующей патологии, имеющийся у пациентов, представлен в табл. 1. В количественном и качественном отношении по имеющимся у пациентов нозологиям группы были сопоставимы. Показатели функционального состояния пораженной конечности в предоперационном периоде продемонстрированы в табл. 2. При обследовании пациентов перед операцией отмечается сопоставимость групп исследования по уровню лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ), дистанции перемежающейся хромоты (табл. 2).

По анатомической структуре атеросклеротического поражения артерий нижних конечностей, все пациенты относились к классу С и D по классификации TASC II. В 1-й группе — 65 и 35%, во 2-й группе — 67 и 33% соответственно, что говорит о сопоставимости групп. По частоте поражения подвздошно-бедренного или бедрен-

но-подколенного сегментов различий выявлено не было. Проводилось попарное сравнение результатов оперативного лечения в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде в подгруппах А и Б в зависимости от набранных баллов по шкалам APACHE и SAPS II.

Решение о выполнении того или иного вмешательства принималось субъективно консилиумом специалистов по результатам всестороннего обследования пациента в стационарных условиях. Оценка по интегральным шкалам прогноза СПОН не играла первостепенной роли в выборе хирургической тактики. Всем больным выполнялся лабораторный скрининг, включающий клинический и биохимический анализ крови, коагулограмму, определение группы крови и резус-фактора, выполнение рентгенографии грудной клетки, ультразвукового ангиосканирования сосудов нижних конечностей, КТ-ангиографии.

Перед операцией из большого пальца оперированной конечности бралась капиллярная кровь, выполнялась микроскопия ее нативных мазков через 15 мин. после взятия. Для определения стойкости выявляемых эффектов в препарат добавлялась капля гепарина. В дальнейшем образцы крови подвергались люминисцентной спектроскопии путем пропитывания ею искусственной мембраны — нафиона. Последний по спектральным характеристикам соответствует клеточно-тканевому каркасу [11–12]. Схема стойки для выполнения спектроскопии изображена на рис. 1.

Сопутствующая патология оценивалась терапевтом и кардиологом. По спектру выполняемых гибридных и многоэтажных открытых реконструкций группы также не отличались. В раннем послеоперационном периоде оценивались продолжительность оперативного вмешательства, величина интраоперационной кровопотери, степень прироста ЛПИ, дистанция перемежающейся хромоты до и после операции, наличие и причины послеоперационных осложнений, причина повторных операций на конечности. Срок наблюдения за пациентами

Таблица 1. Спектр сопутствующей патологии у пациентов, включенных в исследования

Table 1. Spectrum of concomitant pathology in patients included in the studies

Диагноз	1-я группа n (%)	2-я группа n (%)
Гипертоническая болезнь	17 (94,4)	16 (88,8)
Ишемическая болезнь сердца	11 (61,1)	12 (66,6)
ИБС. Постинфарктный кардиосклероз	5 (27,8)	4 (22,2)
Хроническая сердечная недостаточность I–IIa	7 (38,9)	8 (44,4)
Хроническая сердечная недостаточность IIб–III	3 (16,7)	3 (16,7)
Нарушение ритма сердца	4 (22,2)	4 (22,2)
Последствия перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения	3 (16,7)	3 (16,7)
Хроническая болезнь почек. Хроническая почечная недостаточность	1 (5,5)	1 (5,5)
Сахарный диабет	2 (11,1)	2 (11,1)
Хроническая обструктивная болезнь легких	15 (83,3)	16 (88,8)
Цирроз/фиброз печени	1 (5,5)	1 (5,5)
Язвенная болезнь желудка	1 (5,5)	1 (5,5)

Таблица 2. Показатели функционального состояния конечности перед операциями в группах исследования

Table 2. Indicators of the functional state of the limb before surgery in the study groups

Группа	ЛПИ до операции	Дистанция безболевого ходьбы, м
1А	0,43 ± 0,04	23 ± 4
1Б	0,44 ± 0,03	22 ± 5
2А	0,41 ± 0,03	21 ± 5
2Б	0,42 ± 0,06	24 ± 2

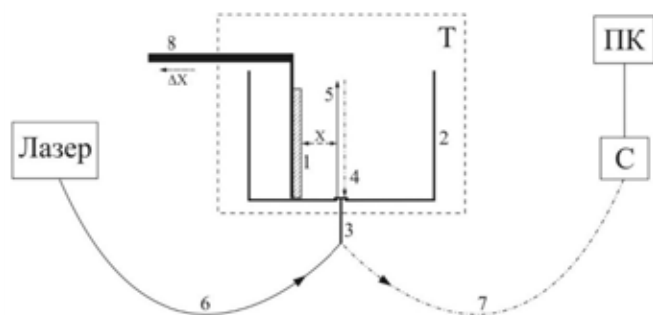


Рис. 1. Схема установки по люминесцентной спектроскопии на основе эксимерного лазера с длиной волны 308 нм:

С — спектрометр; ПК — персональный компьютер; Т — термостат; 1 — нафийон; 2 — кювета; 3 — многомодовое оптическое волокно; 4 — сигнал люминесценции; 5 — излучение накачки; 6 — оптическое волокно накачки; 7 — оптическое волокно люминесценции; 8 — стол с микрометрической подачей

Fig. 1. Schematic diagram of the setup for luminescence spectroscopy based on an excimer laser with a wavelength of 308 nm:

С — spectrometer; PC — personal computer; T — thermostat; 1 — Nafion; 2 — cuvette; 3 — multimode optical fiber; 4 — luminescence signal; 5 — pump radiation; 6 — pump optical fiber; 7 — luminescence optical fiber; 8 — stage with micrometer feed

составил 30 суток. Конечной точкой исследования являлся тромбоз зоны реконструкции, ампутация конечности, летальный исход. В случае отсутствия осложнений за весь период наблюдения через 1 мес. проводилось

ультразвуковая доплерография артерий нижних конечностей, производился расчет ЛПИ с оценкой дистанции перемежающейся хромоты.

Для статистической обработки данных при сравнении групп исследования было использовано программное обеспечение SPSS Statistics 17.0. Результаты исследования были разнесены по шкале среднееарифметических значений (mean) ± стандартное отклонение (SD). Различия средних значений (*p*) в основных показателях послеоперационного периода оценивали с применением парного *t*-критерия Стьюдента, который считали достоверным при *p* < 0,05. Для оценки различий между двумя малыми независимыми выборками использовали *U*-критерий Манна-Уитни. Для определения корреляционной зависимости между показателями использовали определение коэффициента корреляции Спирмена. Статистическую гетерогенность групп оценивали с помощью χ^2 -теста. При *p* < 0,1 и *I*2 > 50% гетерогенность считали статистически значимой.

Результаты

Технический успех операции отмечен во всех изучаемых случаях. Оценка результатов раннего послеоперационного периода, производившаяся на момент выписки пациентов из стационара представлена в табл. 3.

Исходя из полученных результатов, выявлено, что длительность операции в группах исследования не зависела от варианта ее проведения, а также от исходной тяжести оперируемых пациентов. Объем интраоперационной кровопотери был достоверно больше в подгруппе исследования Б, что было обусловлено выполнением более травматичного вмешательства (*p* < 0,05). Однако несмотря на это, в группе исследования с низкой степенью риска развития СПОН и летального исхода, в подгруппе с более травматичной многоуровневой артериальной реконструкцией осложнений выявлено не было, в то время как после гибридных вмешательств зафиксирован один случай послеоперационного тромбоза. В подгруппе 1Б отмечались также достоверно лучшие показате-

Таблица 3. Показатели, характеризующие результаты раннего послеоперационного периода

Table 3. Indicators characterizing the results of the early postoperative period

Показатель	Группа			
	1А	1Б	2А	2Б
Длительность операции, мин	103,4 ± 11,3	107,5 ± 11,5	110,4 ± 17,9	102,2 ± 10,5
Интраоперационная кровопотеря, мл	100,2 ± 35,4	308,3 ± 35,5*	120,5 ± 37,3	343,8 ± 27,5*
Время в отделении реанимации, ч	24,1 ± 2,8	24,5 ± 3,1	72,2 ± 4,3*	72,9 ± 6,5*
Время в стационаре, койко/дней	5,1 ± 1,2	5,3 ± 1,1	8,4 ± 1,8*	8,8 ± 1,6*
Степень прироста ЛПИ на момент выписки	0,32 ± 0,12	0,46 ± 0,11*	0,29 ± 0,10	0,31 ± 0,11
Степень прироста дистанции безболевого ходьбы на момент выписки, м	115 ± 15	231 ± 12*	102 ± 10	105 ± 11
Количество случаев тромбозов подвздошно-бедренного сегмента, <i>n</i> (%)	1 (5,5)*	0 (0)	1 (5,5)	3 (16,7)*
Количество случаев тромбозов бедренно-подколенного сегментов, <i>n</i> (%)	1 (3,7)*	0 (0)	1 (5,5)	4 (22,2)*

Примечание: * — *p* < 0,05.

тели реваскуляризации ($p < 0,05$), что реализовывалось в большем приросте ЛПИ и дистанции перемежающейся хромоты на момент выписки.

У пациентов 2Б подгруппы исследования, набравших среднее количество баллов по интегральным шкалам риска СПОН, отмечено достоверно большее количество тромботических осложнений вне зависимости от пораженного сегмента. Важно отметить, что во 2-й группе показатели реваскуляризации конечности, выражающиеся в приросте ЛПИ и дистанции перемежающейся хромоты, были сопоставимы между подгруппами А и Б. Пациенты 2-й группы проводили достоверно больше времени в стационарных условиях за счет реанимационных койко-дней. Это обстоятельство было обусловлено необходимостью коррекции тяжелой сопутствующей патологии и стабилизации витальных функций пациентов. При оценке результатов лечения в 30-дневный период наблюдения в 1-й группе достоверных различий в индексе ЛПИ между подгруппами не выявлено, функциональные показатели оперированной конечности у респондентов также не отличались.

За срок наблюдения от момента выписки в 1-й группе рестенозов, повторных госпитализаций и операций, включая ампутации, не выявлено. Во 2-й группе количество тромботических осложнений, реокклюзий после выписки, а также связанных с ними экстренных сосудистых ревизий было достоверно выше в подгруппе Б ($p < 0,05$). Средний срок закрытия просвета оперированного артериального сегмента в группах исследования был сопоставим и составил $16,5 \pm 1,5$ дней в группе исследования 1 и $17,3 \pm 1,2$ дней во 2-й группе. Двум пациентам после ретромбоза на 2-е сутки после экстренно выполненной тромбэктомии ампутировали пораженную конечность на уровне верхней трети бедра. У одного из них зафиксирован летальный исход на третьи сутки послеоперационного периода. Причина смерти — тромбоз легочной артерии.

При исследовании спектральных характеристик люминисценции образцов крови в группах исследования отмечается характерная редукция сигнала гемоглобином и его соединениями на частоте 450 нм. Во 2-й группе амплитуда люминисценции на пике гемопорфиринов была достоверно выше ($S = 0,65 \pm 0,06 \times 10^5$ фотон), чем в 1-й группе ($S = 0,15 \pm 0,04 \times 10^5$ фотон) ($p < 0,05$). В подгруппах исследования внутри исследуемой группы по данному показателю отмечалась однородность. При изучении данного феномена путем оценки микроскопии нативных мазков крови (рис. 2, см. 3-ю стр. обложки) отмечено достоверно большее количество сформированных «монетных столбиков» через 15 мин. после забора крови в группе 2 ($p < 0,05$).

Через данный временной интервал после добавления гепарина в препарат площадь сладжированных эритроцитов была достоверно выше у пациентов 2-й группы ($5,45 \pm 0,22$ мкм²) по сравнению с 1-й группой ($2,13 \pm 0,16$ мкм²; $p < 0,05$) (см. рис. 1). Необходимо отметить сильную прямую корреляционную связь между амплитудой люминисценции на частоте 450 нм и пло-

щадью сформированных в мазке «монетных» столбиков эритроцитов ($r = 0,86$; при $p < 0,05$) (рис. 3, см. 3-ю стр. обложки).

Обсуждение

Повышение эффективности гибридных операций на артериях нижних конечностей заключается в строгом отборе контингента больных. На наш взгляд в основе такой селекции должна лежать объективно оцененная тяжесть имеющейся у пациента сопутствующей патологии. Наиболее эффективным и простым способом прогнозирования полиорганной недостаточности и летального исхода после срочных сосудистых операций, является их оценка по интегральным шкалам стратификации недостаточности жизненно-важной системы организма APACHE II и SAPS II. В нашем исследовании была продемонстрирована местная гемореологическая составляющая СПОН, осмысливаемого при помощи вышеописанных шкал, на примере скорости формирования «монетных столбиков» в нативных мазках крови. Нами было показано, что последняя увеличивается пропорционально увеличению количества баллов, набранных по APACHE II и SAPS II.

Феномен эритроцитарной агрегации до конца не изучен, однако согласно наиболее распространенной теории формирование «монетных столбиков» наблюдается вследствие снижения отрицательного заряда на поверхности мембран эритроцитов, что происходит вследствие адсорбции на ней различных макромолекул [13]. В качестве последних выступают различные соединения, среди которых: фибриноген, иммуноглобулины, катехоламины, простагландины, гистамин и серотонин. Таким образом, увеличение скорости формирования «монетных столбиков» характеризует увеличение концентрации данных макромолекул, что наблюдается при различной степени выраженности системной воспалительной реакции, которая ассоциирована с полиорганной дисфункцией [14]. Чем выше степень агрегации эритроцитов, тем выраженнее нарушения микроциркуляции в конечности, что принципиально важно для прогноза сосудистых реконструкций. В нашем исследовании показана высокая диагностическая значимость фотолуминесцентной спектроскопии капиллярной крови оперируемых пациентов.

Выявлена прямая сильная корреляционная связь между относительной площадью «монетных столбиков» в нативных мазках крови и редукцией люминесцентного сигнала на пике гемопорфиринов (450 нм) [15]. Во 2-й группе со средним риском развития полиорганной недостаточности и летального исхода отмечается большая скорость формирования эритроцитарных агрегатов и, как следствие, большая амплитуда люминесценции на частоте 450 нм. При оценке результатов операции в группах исследования выявлено, что в 1-й группе, респонденты которой набрали небольшое количество баллов по интегральным шкалам, многоуровневая артериальная реконструкция дает лучшие результаты реваскуляризации при достоверно меньшем количестве осложнений. Причины этого явления — компенсированность

сопутствующей патологии, а также лучшая исходная готовность жизненно важных систем организма к выполнению большей по объему операции. Итог открытых операций в данных условиях — большой прирост ЛПИ и дистанции безболевого ходьбы в группе 1Б.

Однако с повышением степени риска полиорганной дисфункции и летального исхода, что наблюдалось во 2-й группе исследования, результаты операции оказались диаметрально противоположными — гибридная реконструкция оказалась более эффективной по количеству осложнений по сравнению с многоуровневыми артериальными реконструкциями при сопоставимых результатах реваскуляризации конечности (средний прирост ЛПИ и дистанции перемежающейся хромоты). В данной ситуации больший объем операции выступал триггером для декомпенсации тяжелой исходной патологии, что вызывало большее количество послеоперационных осложнений на оперированной конечности и системных проблем в организме в целом.

Заключение

По результатам исследования выявлена прямая связь между степенью риска развития полиорганной недостаточности и летальности, оцененной по шкалам APACHE II и SAPS II, и результатами гибридных и многоуровневых сосудистых реконструкций на артериях нижних конечностей. При APACHE II от 0 до 15 баллов, SAPS II от 0 до 7 баллов пациенту с многоуровневым атеросклеротическим поражением возможно выполнение многоэтажной сосудистой реконструкции. При APACHE II от 15 до 29 баллов, SAPS II от 7 до 15 баллов преимущественным является гибридный способ сосудистой реконструкции. Оценка местной гемореологии при помощи люминисцентной спектроскопии является важным методом прогнозирования результатов сосудистой реконструкции на артериях нижних конечностей, так как он отражает состояние микроциркуляторного звена сосудистого русла. Однако с целью определения закономерностей его оценки и возможностей применения результатов в клинической практике для определения показаний к той или иной сосудистой операции требуется проведение дальнейших исследований на большей выборке пациентов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Гавриленко А.В., Кочетков В.А., Кравченко А.А. Гибридные операции при хронической ишемии нижних конечностей. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2021;63(5):413–418. [Gavrilenco A.V., Kochetkov V.A., Kravchenko A.A. Hybrid operations in chronic lower limb ischemia. *Thoracic and cardiovascular surgery*. 2021;63(5):413–418. (In Russian)]. DOI: 10.24022/0236-2791-2021-63-5-413-418
2. Пузряк П.Д., Шломин В.В., Бондаренко П.Д., и др. Сравнение результатов гибридного и открытого хирургического лечения многоуровневого поражения артерий нижних конечностей. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2019;3(12):227–234. [Puzdryak P.D., Shlomin V.V., Bondarenko P.D., et al. Comparison
- of the results of hybrid and open surgical treatment of multilevel lesion of the arteries of the lower extremities. *Cardiology and cardiovascular surgery*. 2019;3(12):227–234. (In Russian)]. DOI: 10.17116/kardio201912031227
3. Троицкий А.В., Бехтев А.Г., Хабазов Р.И., и др. Гибридная хирургия при многоэтажных атеросклеротических поражениях артерий аорто-подвздошного и бедренно-подколенного сегментов. *Журнал Диагностическая и интервенционная радиология*. 2012;6(4):67–77. [Troitskiy A.V., Bekhtev A.G., Khabazov R.I., et al. Hybrid surgery for multi-storey atherosclerotic lesions of the arteries of the aorto-iliac and femoral-popliteal segments. *Journal of Diagnostic and Interventional Radiology*. 2012;6(4):67–77. (In Russian)].
4. Гавриленко А.В., Кравченко А.А., Котов А.Э., и др. Гибридные реконструкции у больных с хронической ишемией нижних конечностей и многоуровневым поражением артерий. *Ангиология и сосудистая хирургия. Журнал им. академика А.В. Покровского*. 2018;24(3):183–188. [Gavrilenco A.V., Kravchenko A.A., Kotov A.E., et al. Hybrid reconstructions in patients with chronic lower limb ischemia and multilevel arterial lesion. *Angiology and vascular surgery. The journal named after Academician A.V. Pokrovsky*. 2018;24(3):183–188. (In Russian)].
5. Косенков А.Н., Винокуров И.А., Киселева А.К. Лечение критической ишемии нижних конечностей с язвенно-некротическими поражениями. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2019;12(4):302–307. [Kosenkov A.N., Vinokurov I.A., Kiseleva A.K. Treatment of critical ischemia of the lower extremities with ulcerative necrotic lesions. *Cardiology and cardiovascular surgery*. 2019;12(4):302–307. (In Russian)]. DOI: 10.17116/kardio201912041302
6. Кудряшова Н.Е., Синякова О.Г., Михайлов И.П., и др. Радионуклидная семиотика ишемии при острых окклюзионных заболеваниях магистральных артерий нижних конечностей. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2019;8(3):257–265. [Kudryashova N.E., Sinyakova O.G., Mikhailov I.P., etc. Radionuclide semiotics of ischemia in acute occlusive diseases of the main arteries of the lower extremities. *N.V. Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2019;8(3):257–265. (In Russian)]. DOI: 10.23934/2223-9022-2019-8-3-257-265
7. Радивилко А.С., Григорьев Е.В., Шукевич Д.Л., Плотников Г.П. Прогнозирование и ранняя диагностика полиорганной недостаточности. *Анестезиология и реаниматология*. 2018;(6):15–21. [Radivilko A.S., Grigoriev E.V., Shukevich D.L., Plotnikov G.P. Prognosis and early diagnosis of multiple organ failure. *Anesthesiology and intensive care*. 2018;(6):15–21. (In Russian)]. DOI: 10.17116/anesthesiology201806115
8. Michelena J., Altamirano J., Abalde J.G., Affò S., Morales-Ibanez O., Sancho-Bru P., Dominguez M., García-Pagán JC., Fernández J., Arroyo V., Ginès P., Louvet A., Mathurin P., Mehal W.Z., Caballeria J., Bataller R. Systemic inflammatory response and serum lipopolysaccharide levels predict multiple organ failure and death in alcoholic hepatitis. *Hepatology*. 2015;62(3):762–72. DOI: 10.1002/hep.27779
9. Гельфанд Б.Р., Ярошецкий А.И., Проценко Д.Н., Романовский Ю.Я. Интегральные системы оценки тяжести состояния больных при политравме. *Вестник интенсивной терапии*. 2004;(1):58–65. [Gelfand B.R., Yaroshetsky A.I., Protchenko D.N., Romanovsky Yu.Ya. Integrated systems for assessing the severity of the condition of patients with polytrauma. *Bulletin of intensive care*. 2004;(1):58–65. (In Russian)].
10. Duan Z.X., Gu W., Zhang L.Y., Du D.Y., Hu P., Huang J., Liu Q., Wang Z.G., Hao J., Jiang J.X. Clinical relevance of the TLR4 11367 polymorphism in patients with major trauma. *Archives of Surgery*. 2009;144(12):1144–1148. DOI: 10.1001/archsurg.2009.211
11. Bunkin N.F., Bolotskova P.N., Bondarchuk E.V., Gryaznov V.G., Kozlov V.A., Okuneva M.A., Ovchinnikov O.V., Smolij O.P., Turkanov I.F., Galkina C.A. et al. Stochastic Ultralow-Frequency Oscillations of the Luminescence Intensity from the Surface of a Polymer Membrane Swelling in Aqueous Salt Solutions. *Polymers*. 2022;14:688. DOI: 10.3390/polym14040688
12. Bunkin N.F., Bolotskova P.N., Bondarchuk E.V., Gryaznov V.G., Kozlov V.A.; Okuneva M.A.; Ovchinnikov O.V.; Penkov N.V.; Smolij O.P.; Turkanov I.F.; et al. Dynamics of Polymer Membrane Swelling in Aqueous Suspension of Amino-acids with Different Isotopic Composition; Photoluminescence Spectroscopy Experiments. *Polymers*. 2021;13:2635. DOI: 10.3390/polym13162635
13. Мороз В.В., Новодержкина И.С., Афанасьев А.В., Заржецкий Ю.В., Рыжков И.А., Козлова Е.К., Черныш А.М. Влия-

- ние перфторана на наноструктуру мембран дискоцита и стоматоцита после острой кровопотери. *Общая реаниматология*. 2017.13(2):32–39. [Moroz V.V., Novoderzhkina I.S., Afanasyev A.V., Zarzhetsky Yu.V., Ryzhkov I.A., Kozlova E.K., Chernysh A.M. The effect of perfluorane on the nanostructure of discocyte and stomatocyte membranes after acute blood loss. *General intensive care*. 2017.13(2):32–39. (In Russian)].
14. Трошкина, Н.А., Циркин, В.И., Дворянский, С.А. Эритроцит: строение и функции его мембраны. *Вятский медицинский вестник*. 2007;(2–3):32–40. [Troshkina N.A., Tsikin V.I., Dvoryansky S.A. Erythrocyte: structure and functions of its membrane. *Vyatka Medical Bulletin*. 2007;(2–3):32–40. (In Russian)].
 15. Ваганов А.Г., Лисицкий Д.А., Ночной М.С., Гавриленко А.В. Оценка влияния временного фактора между этапами гибридной и этапной операции на артериях нижних конечностей с применением метода ультрафиолетовой фотолюминисцентной спектроскопии. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки*. 2024;(4):161–167. [Vaganov A.G., Lisitsky D.A., Nocturnal M.S., Gavrilenko A.V. Assessment of the effect of the time factor between the stages of hybrid and staged surgery on the arteries of the lower extremities using the method of ultraviolet photoluminescence spectroscopy. *Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences*. 2024;(4):161–167. (In Russian)]. DOI: 10.37882/2223-2966.2024.04.04

Поступила 10.06.2024

Принята в печать 18.06.2024

Информация об авторах

Ваганов Алексей Геннадьевич — канд. мед. наук, врач-хирург, хирургическое отделение №1, ГБУЗ «ГКБ № 29 им. Н.Э. Баумана ДЗМ», <http://orcid.org/0000-0001-8191-2551>

Кузнецов Максим Робертович — д-р мед. наук, профессор, заместитель директора, Институт кластерной онкологии им. Л.Л. Левшина, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), <http://orcid.org/0000-0001-6926-6809>

Лисицкий Дмитрий Алексеевич — д-р мед. наук, врач сердечно-сосудистый хирург, хирургическое отделение № 1, ГБУЗ «ГКБ № 29 им. Н.Э. Баумана ДЗМ», <http://orcid.org/0000-0003-0423-8879>

Information about the authors

Alexey G. Vaganov — Candidate of Medical Sciences, surgeon, surgical department No. 1, GBUZ "GKB No. 29 named after N.E. Bauman DZM", <http://orcid.org/0000-0001-8191-2551>

Maxim R. Kuznetsov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Director, Levshin Institute of Cluster Oncology, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russia (Sechenov University), <http://orcid.org/0000-0001-6926-6809>

Dmitry A. Lisitsky — Doctor of Medical Sciences, Doctor of Cardiovascular Surgery, Surgical Department No. 1, GBUZ "GKB No. 29 named after N.E. Bauman DZM", <http://orcid.org/0000-0003-0423-8879>